

УДК 621.311

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВИДА И МЕСТА ВКЛЮЧЕНИЯ НАГРУЗКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ СТАНЦИИ

Баранова Д.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Филиппчик Ю.Д.

В сети три нагрузочных узла, которые подвергнем исследованию. Исходная нагрузка в них:

- 1) $S_1 = 306 + j \cdot 170 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ $|S_1| = 350 \text{ МВ} \cdot \text{А}$
- 2) $S_2 = 250 + j \cdot 130 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ $|S_2| = 282 \text{ МВ} \cdot \text{А}$
- 3) $S_3 = 270 + j \cdot 152 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ $|S_3| = 310 \text{ МВ} \cdot \text{А}$

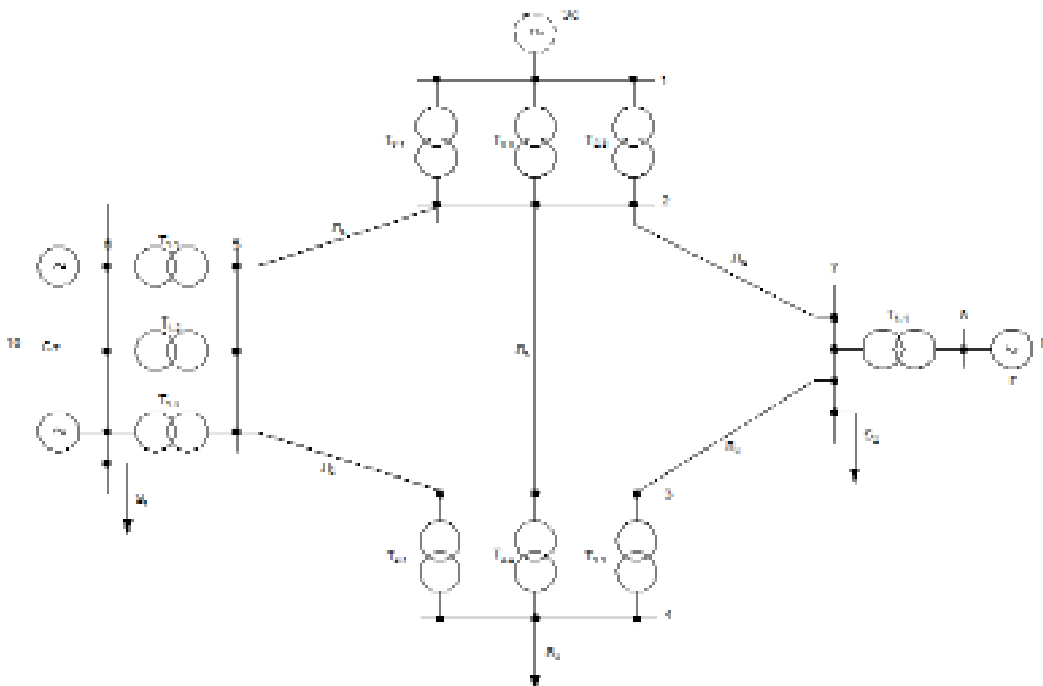


Рисунок 1 Схема исследуемой сети

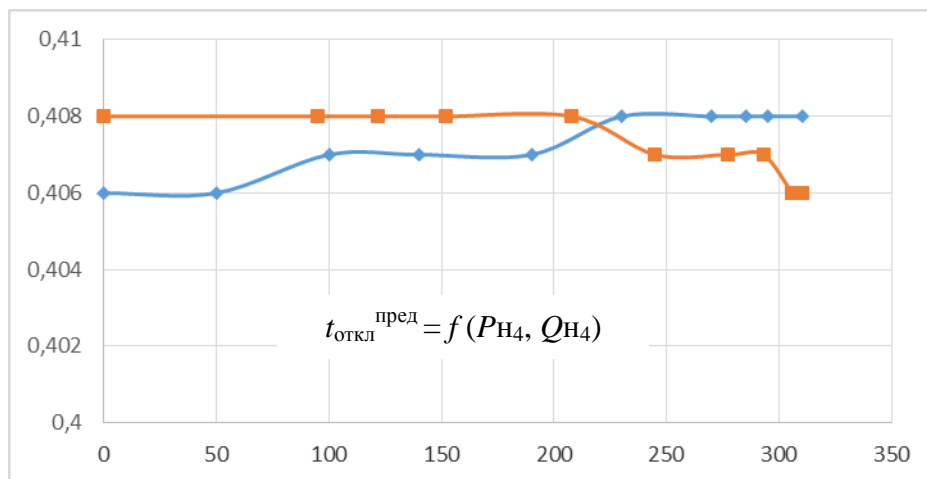


Рисунок 2 Предельное время отключения при $S_1 = 306 + j \cdot 170 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ $|S_1| = 350 \text{ МВ} \cdot \text{А}$

Расчет будем вести для системы с АРВ ПД на генераторах. Будем изменять поочередно каждую из трех нагрузок, исследуя зависимость устойчивости от вида нагрузки и места ее подключения. Во время каждого из измерений будем находить предельное время отключения КЗ, чтобы построить зависимости его от вида и величины нагрузки.

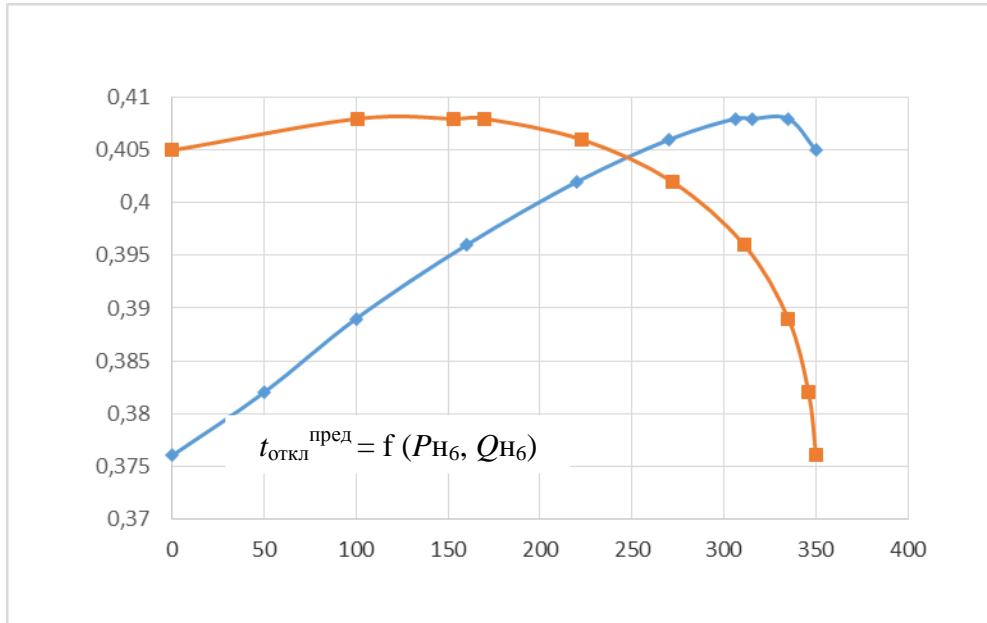


Рисунок 3. Предельное время отключения при $S_2 = 250 + j \cdot 130 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ $|S_2| = 282 \text{ МВ} \cdot \text{А}$

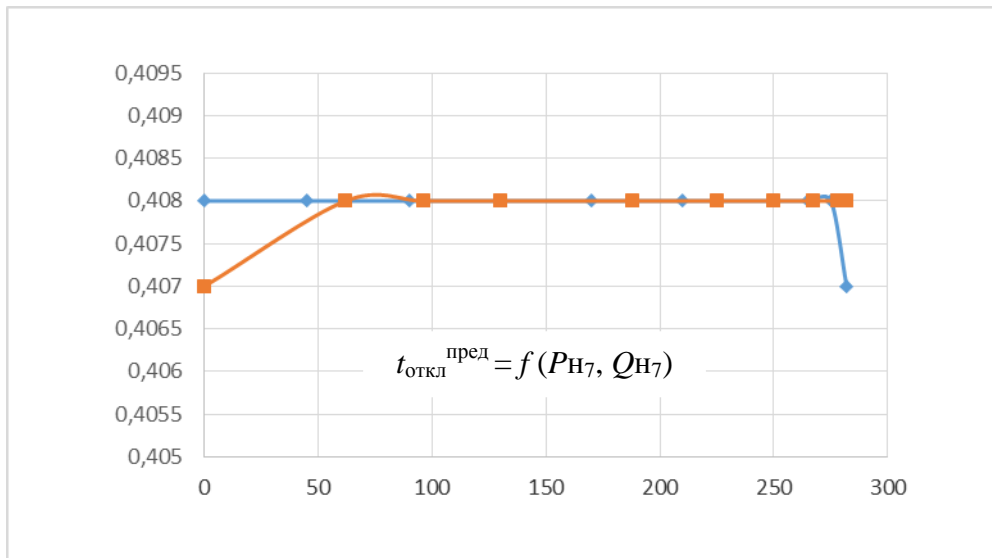


Рисунок 4. Предельное время отключения при $S_3 = 270 + j \cdot 152 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ $|S_3| = 310 \text{ МВ} \cdot \text{А}$

Из графиков можно заключить, что наибольший эффект от вида нагрузки имеет нагрузка б, то есть нагрузка, подключенная непосредственно к шинам исследуемой станции. Поэтому для узла б график имеет наиболее ярко выраженную форму. Что касается нагрузок в

узлах 4 и 7, то они находятся на значительном удалении от места КЗ и исследуемой станции, поэтому в меньшей степени влияют на устойчивость системы. При их изменении в широком диапазоне диапазон изменения предельного времени отключения КЗ находится в пределах 0,1с. Проанализируем влияние изменения вида нагрузки на устойчивость системы на примере шестого узла. При наличии в этом узле чисто активной нагрузки $t_{пр}^{откл} = 0,405с$, после подключение в узел части реактивной нагрузки это время немного увеличилось (до 0,408с), после чего по мере увеличения составляющей реактивной нагрузки постепенно уменьшалось. При подключении в узле 6 чисто реактивной нагрузки предельное время отключения КЗ достигло значения $t_{пр}^{откл} = 0,376с$.

Проверим аналитически экспериментально полученные данные. Если на шинах генератора станции подключена нагрузка, а остальная часть системы остается неизменной, то схема замещения такой системы (рис. 5):

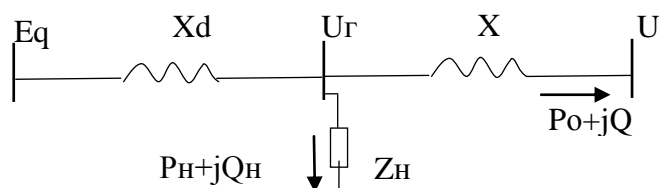


Рисунок 5. Схема замещения системы

Уравнение угловой характеристики мощности генераторов станции:

$$P_1 = E_q^2 \cdot y_{11} \cdot \sin \alpha_{11} + E_q \cdot y_{12} \cdot \sin(\delta_{12} - \alpha_{12})$$

где E_q – ЭДС генераторов станции, которая находится по формуле:

$$E_q = \sqrt{\left(U_z + \frac{(Q_H + Q_o + \Delta Q) \cdot x_d}{U_z} \right)^2 + \left(\frac{P_o \cdot x_d}{U_z} \right)^2}$$

α_{11} и α_{12} – углы сопротивлений, которые определяются из значений собственных и взаимных проводимостей генераторов станции, которые, в свою очередь, зависят от величины сопротивления нагрузки:

$$\begin{aligned} \alpha_{11} = 90^\circ - \psi_{11} \quad Y_{11} = \frac{1}{Z_{11}} = y_{11} \cdot e^{j\psi_{11}} \quad Z_{11} = jx_d + \frac{jx_c(r_H + jx_H)}{jx_c + r_H + jx_H} \\ \alpha_{12} = 90^\circ - \psi_{12} \quad Y_{12} = \frac{1}{Z_{12}} = y_{12} \cdot e^{j\psi_{12}} \quad Z_{11} = jx_d + jx_c + \frac{jx_c jx_d}{r_H + jx_H} \end{aligned}$$

Тогда как сопротивления нагрузки напрямую связаны с ее мощностью:

$$Z_H = r_H + jx_H + \frac{U_z^2}{S_H} \cdot \left(\frac{P_H}{S_H} + j \frac{Q_H}{S_H} \right)$$

С изменением угла α_{11} угловая характеристика поднимается или опускается, а с изменением α_{12} сдвигается влево или вправо. Причем чем больше активная мощность нагрузки, тем больше акт. составляющая собственного акт. сопротивления и меньше акт. составляющая взаимного сопротивления генераторов. При этом увеличивается угол ψ_{11} и уменьшается угол ψ_{12} .

Т.о. угловая характеристика P_1 смещается вверх незначительно и влево на некоторый угол. То есть она как бы “вытягивается” и расширяется, смещаясь влево. Поэтому угол

$\delta_{\text{пр}}$, зависящий от $t_{\text{пр}}^{\text{откл}}$, падает быстрее δ_0 , и для выполнения условия равенства площадок ускорения и торможения угол $\delta_{\text{откл}}^{\text{пр}}$ также уменьшается, что влечет уменьшение предельного времени отключения КЗ. Обратный процесс аналогичен рассмотренному.

Литература

1. Калентионюк Е.В. Устойчивость электроэнергетических систем. Минск: Техноперспектива, 2008. - 375 с
2. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем. М., Энергия, 1979. - 456 с.